Kapitel 5

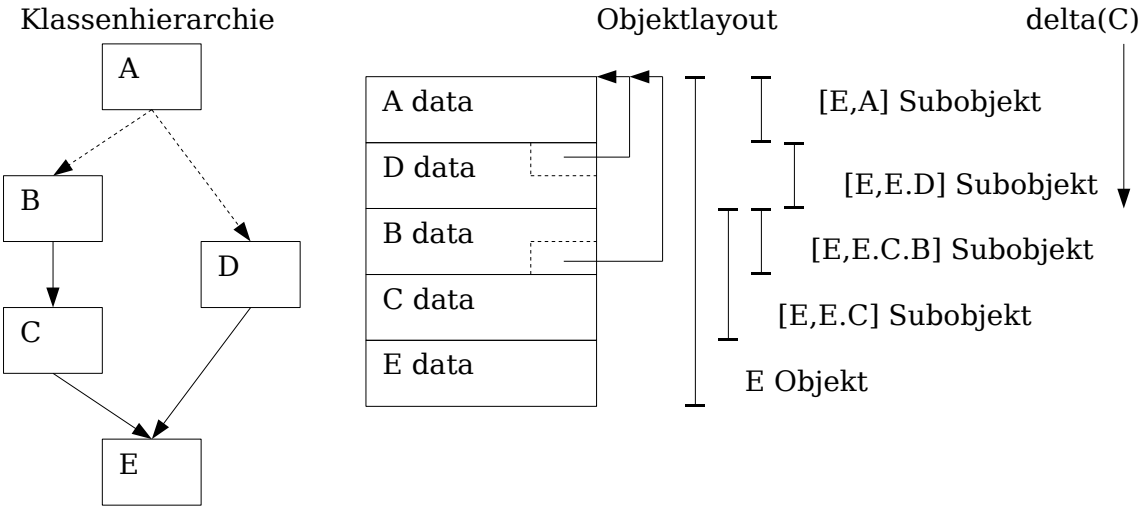
Der vtable-Mechanismus

5.1 C++: Objektlayout

klassisch (Erinnerung):

- nur Data Members im Objekt, in der Reihenfolge ihrer Deklaration; feste Offsets
- Oberklassen-Subobjekte liegen physikalisch *vor* den eigenen Members
- nichtvirtuelle Mehrfachvererbung kann deshalb Subobjektkopien einführen
- virtuelle Mehrfachvererbung verwendet Pointer, um Mehrfachkopien zu eliminieren

Beispiel:


Klassenhierarchie
A
B
D
C
E
Objektlayout
A data
D data
B data
C data
E data
delta(C)
[E,A] Subobjekt
[E,E.D] Subobjekt
[E,E.C.B] Subobjekt
[E,E.C] Subobjekt
E Objekt

5.2 C++: Type Casts

- bei nichtvirtueller Einfachvererbung: Nullcode!
- bei nichtvirtueller Mehrfachvererbung
  `C : A, B` mit `B* pb; C* pc`:

  `pb = pc;` bzw `pb = (B*)pc;` wird zu

  ```
  pb = (B*)(((char*)pc)+delta(B));
  ```

  mit `delta(B)` der Offset des *B*-Subobjekts in einem *C*-Objekt
- `delta(B)` ist zur Compilezeit bekannt
- bei virtueller Vererbung: Verfolgen des Subobjekt-Pointers

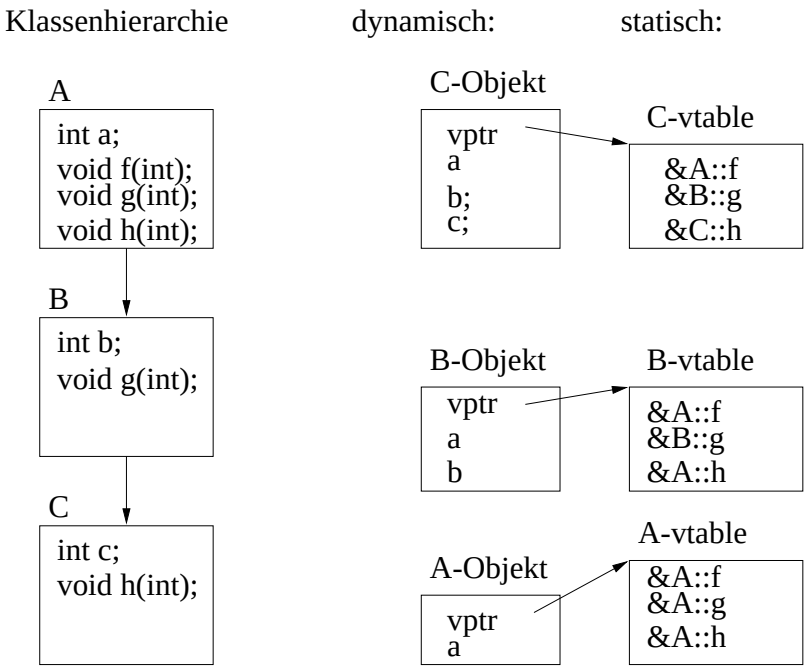
  ```
  pb = (B*)( *(((char*)pc)+delta(B)));
  ```
- 0-Pointer werden nicht gecastet
- Auch in expressions zB `if (pc == pb)`: impliziter Type Cast
- Auch bei Aufruf einer Oberklassenmethode: impliziter Typecast für den this-Pointer!

5.3 C++: vtables

Standardimplementierung für virtuelle Methoden

- für jede Klasse gibt es eine (statische) “vtbl” (virtual table)
- enthält Einsprungadressen f. zugreifbare Methoden
- jedes Objekt enthält Pointer auf vtbl seiner Klasse

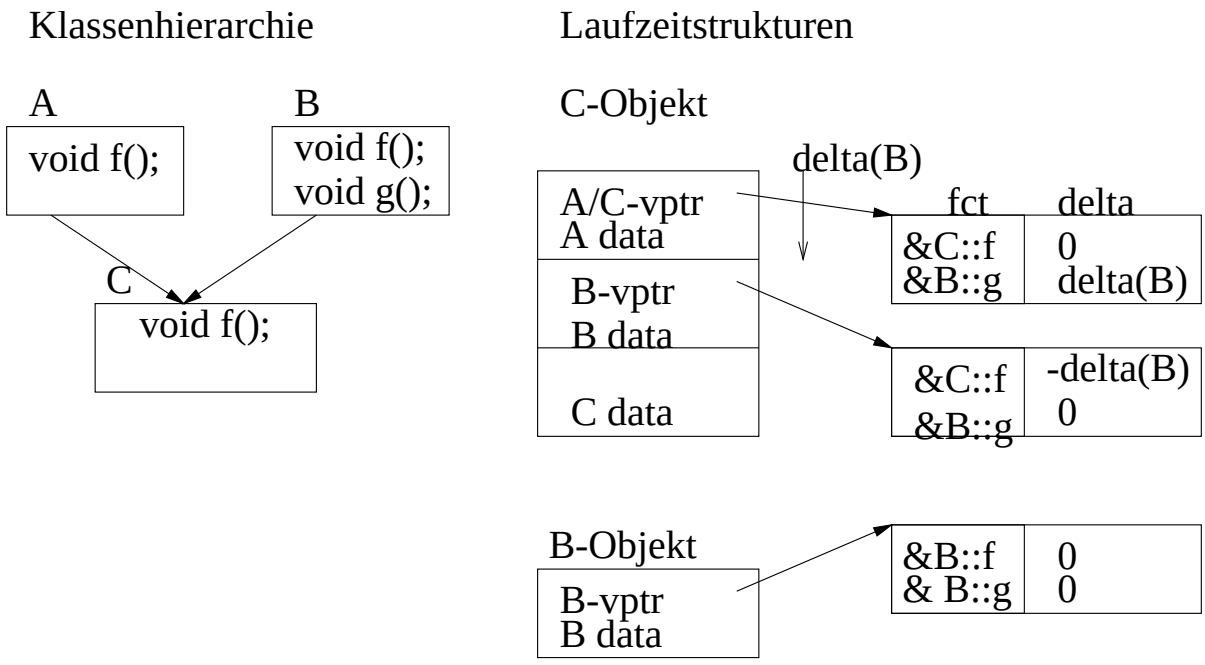
  Beispiel:



- Methoden-Indizes sind für jeden Methoden-Namen global eindeutig! (werden vom Compiler vergeben)
- beim Aufruf zusätzlicher Indirektionsschritt:
  `C* pc = new C; pc->h(42);` wird realisiert als
  `(*(pc->vptr[2]))(pc, 42)`

5.4 Mehrfachvererbung

Beispiel:



Beispielaufruf:

```
B* pb = new C; pb->f()
```

ruft `C::f()`

⇒ this-Pointer muß auf C-Objekt zeigen.
pb zeigt aber auf B-Subobjekt!

⇒ this-Pointer muss gecastet werden!

jedoch: Subobjekt-Deltas sind nicht mehr zur Compilezeit bekannt (s.u.)!

⇒ speichere Subobjekt-Deltas zur Laufzeit i. d. vtbl!

Aufruf

```
B* pb; C* pc;
pc = new C; pb = pc; pb->f(42);
```

wird zu

```
register vt = &(pb->vptr[0]);
(*vt->fct)(pb+(vt->delta), 42)
```

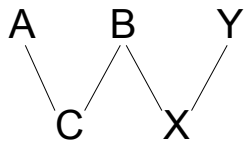
- Achtung: B-Subobjekt in C-Objekt hat andere vtbl als gewöhnliches B-Objekt! (denn Upcasts schalten nicht die dynamische Bindung ab)

  Allgemein haben alle Subobjekte eigenen vptr/vtbl, außer denen, die zur „linken Außenkante“ der Hierarchie gehören

  Dies ist konsistent mit dem Einfachvererbungs-Fall
- Achtung: i.a. ist der Kontext von Subobjekt-Zeigern nicht bekannt: pb könnte auch auf B-Subobjekt eines X-Objektes zeigen. Wie kann der this-Pointer richtig gecastet werden?
- Unterschied zu Upcasts: bei Upcasts ist Ausgangsklasse bekannt, so dass Compiler *delta* statisch bestimmen kann

dazu Beispiel:

- angenommen, außer `C : A, B` es gibt weitere Klasse `X : Y, B`, die f redefiniert



  ⇒ auch X-Objekt hat B-Subobjekt, das jedoch andere Relativadresse hat als das B-Subobjekt im C-Objekt: $delta_C(B) \neq delta_X(B)$

- Nun betrachte

```
if (...)
  pb = new C();
else
  pb = new X();
pb->f();
```

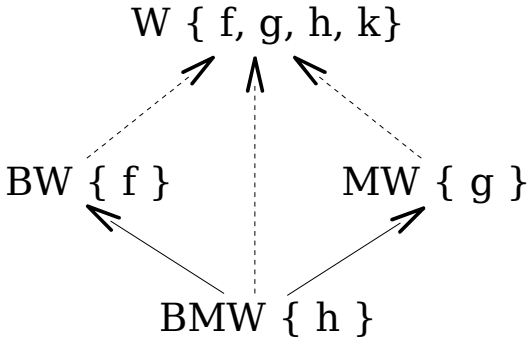
  pb zeigt auf [C, C · B] Subobjekt oder [X, X · B] Subobjekt Dynamische Bindung ruft entweder C::f oder X::f

  ⇒ pb muss entweder nach C oder X gecastet werden, damit es korrekter this-Pointer im Methodenrumpf ist

- Da zur Compilezeit nicht bekannt ist, ob X oder C, und $delta_C(B) \neq delta_X(B)$, müssen die Delta-Werte zur Laufzeit gespeichert werden!

Beispiel 2: verteilte Implementierung (→ Kapitel 2):

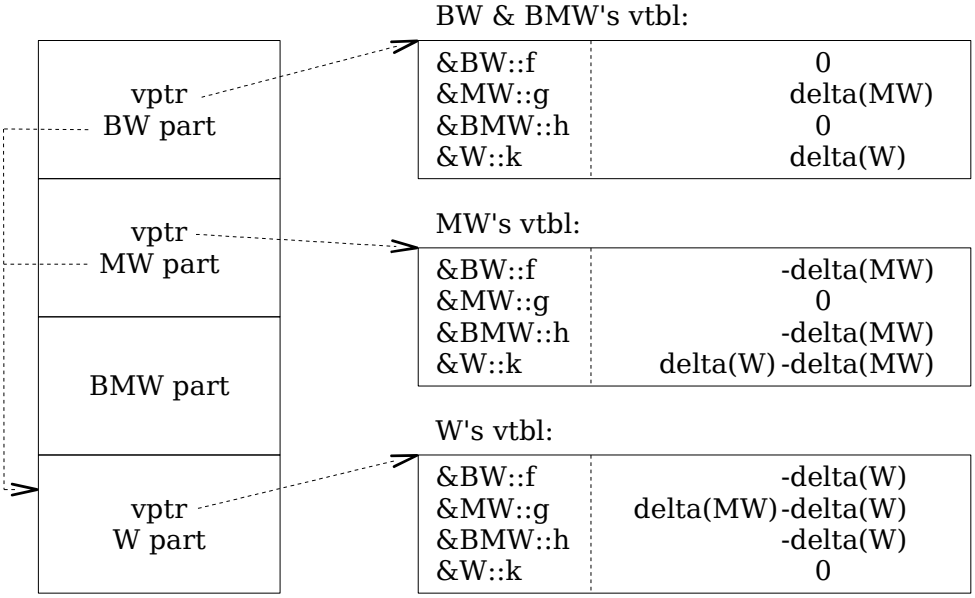
```
class W {
  virtual f();
  virtual g();
  virtual h();
  virtual k();
};
class MW : virtual W {
  g();
};
class BW : virtual W {
  f();
};
class BMW : BW, MW,
  virtual W {
  h();
}
```



Aufruf `BMW* pbmw; MW* pmw = pbmw; pmw->f();` ruft `BW::f()` ! (→ Static Lookup)

Dieses Verhalten ist sinnvoll.

Objekt-Layout und vtbls:



Code für Aufruf `pmw->f(42);` incl. this-Pointer :

```
register vt = &(pmw->vptr[0]);
// f hat index 0
(*vt->fct)(pmw+(vt->delta), 42)
```

Kostenberechnung: `fct`, `delta` sind konstante Offsets ⇒ Autoincrement-Maschinenops

ergo 3 Dereferenzierungen, 1 Indexzugriff (Addition), 1 Addition, plus regulärer Methodenaufruf